ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे

ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे यांनी इन्स्टिट्यूट ऑफ सायन्स, बंगलोर येथून मास्टर ऑफ इंजिनिअरींग ही पदवी प्रथम क्रमांकावर संपादन केली. भारतीय वायुसेनेमध्ये अठ्ठावीस वर्ष सेवा केल्यानंतर त्यांनी सार्वजनिक क्षेत्रातील दोन संघटनांवर केंद्र सरकार नियुक्त संचालक म्हणून काम केले. माँट्रिअल, कॅनडास्थित आंतरराष्ट्रीय नागरी विमान संघटनेसाठी १९९३ मध्ये, त्यांनी भौगोलिक स्थितीमापन प्रणालीच्या नागरी उपयोगासाठी कार्यरत समितीचे अध्यक्ष म्हणून काम पाहिले. महाराष्ट्र शासनाच्या मराठी विश्वकोषासाठी वैमानिकी या विषयावर त्यांनी लेखन केले आहे.

खंड ३ पृष्ठ ४५२

मराठी विज्ञान परिषद,
पुणे विभाग

आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला
पुष्प तिसावे
शुक्रवार, दि. १५ नोव्हेंबर २०१३

भौगोलिक स्थितिमापन प्रणाली

ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे

खंड ३ पृष्ठ ४१७

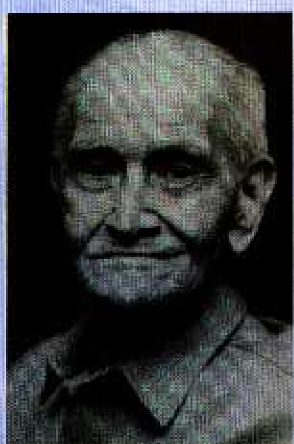
किंमत ₹ ३०

कै.प्रा.सखाराम विनायक आपटे
M.A.B.Sc.

जन्म : १५-०७-१८८९
मृत्यू : २८-०७-१९७४

कै.डॉ. मल्हार विनायक आपटे
B.Sc., M.B.B.S.

जन्म : ०७-०३-१८९७
मृत्यू : १५-०४-१९८३



कै.प्रा.गजानन विनायक आपटे
B.Sc. (Mech.) (Elec.)

जन्म : ०५-०२-१९०५
मृत्यू : १५-११-२००६

आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला
पुष्प तिसावे
शुक्रवार, दि. १५ नोव्हेंबर २०१३

भौगोलिक स्थितिमापन प्रणाली

ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग

आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला
पुष्प तिसावे
शुक्रवार, दि. १५ नोव्हेंबर २०१३

भौगोलिक स्थितीमापन प्रणाली

लेखक
ग्रुप कॅप्टन – गोविंद मल्हार आपटे

© **मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग**

प्रकाशक व मुद्रक
संजय मालती कमलाकर
कार्यवाह, मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग
टिळक स्मारक मंदिर, पुणे ४११०३०.
Email : **mavipa.pune@gmail.com**
blog : **http://mavipapunevibhag.blogspot.com**

मुखपृष्ठ व मांडणी
प्रतिमा ऑफसेट
अजित ठोंबरे
देवगिरी इस्टेट, कोथरूड, पुणे ४११०३८.

किंमत : ₹ ३०/-

प्रकाशकाचे मनोगत

मराठी विज्ञान परिषद १९६७ सालापासून आपल्या विविध उपक्रमांद्वारे विज्ञानाचा प्रचार आणि प्रसार जनसामान्यांमध्ये करण्याचे काम सातत्याने करीत आली आहे. आपल्या आजुबाजूला घडणाऱ्या घडामोडींची, विकसित होणाऱ्या तंत्रज्ञानाची तसेच नवनवीन संशोधनाची माहिती आपल्या मातृभाषेतून साध्या, सोप्या पद्धतीने जनसामान्यांना मिळाली तर ती त्यांना चांगल्याप्रकारे समजते, भावते हे ओळखून परिषदेने १९८४ सालापासून आपटे कुटुंबियांच्या आर्थिक सहकार्याने 'आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला' हा उपक्रम सुरू केला आणि तो आजपर्यंत अखंडितपणे चालू आहे. एखाद्या विषयावर तज्ज्ञाने व्याख्यान द्यावे आणि ते व्याख्यान पुस्तिकेच्या रूपात प्रकाशित करावे असे या उपक्रमाचे स्वरूप आहे. या उपक्रमाला श्रोत्यांचा आणि वाचकांचा भरघोस प्रतिसाद लाभतो.

'आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला' या उपक्रमाद्वारे प्रकाशित झालेली पुष्प (पुस्तिका) एकत्रित गुंफून ५०० पृष्ठांचा एक खंड तयार केला जातो. या वर्षी हे तिसावे पुष्प गुंफण्यासाठी ज्या आपटे बंधूंच्या स्मृतिप्रित्यर्थ ही पुष्प गुंफली जातात त्यातील कै. डॉ. मल्हार विनायक आपटे यांचे सुपुत्र ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे परिषदेला लाभले आहेत ही विशेष आनंदाची गोष्ट आहे.

ग्रुप कॅप्टन गोविंद मल्हार आपटे यांनी या तिसाव्या पुष्पामध्ये 'भौगोलिक स्थितीमापन प्रणाली' या विषयाची सखोल माहिती आपल्याला करून दिली आहे.

भौगोलिक स्थितीमापन प्रणाली ही प्रामुख्याने संरक्षण खात्यात, तसेच गुन्हे अन्वेषण खात्यात वापरली जात असली तरी 'टॉम टॉम' सारख्या पथदर्शक उपकरणाद्वारे ती सामान्य माणसाच्या गाडीमध्येही प्रविष्ट झाली आहे. उपग्रहाद्वारे चालणाऱ्या या प्रणालीमुळे एखादी व्यक्ती भूगोलावर कोठे आहे हे अचूकपणे क्षणार्धात सांगणे शक्य झाले आहे. अर्थात त्यासाठी त्या व्यक्तीकडे भौगोलिक स्थितीमापन प्रणालीचा श्रावक असणे आवश्यक आहे, असते. भौगोलिक स्थितीमापन प्रणाली (जीपीएस) श्रावकाचा वापर आता अनेक क्षेत्रात होऊ लागला आहे. भविष्यकाळात त्याचा वापर अधिकाधिक प्रमाणात होईल यात शंका नाही. अशा आधुनिक प्रणालीची माहिती सर्वसामान्यांपर्यंत पोहोचविण्याचे काम हे पुष्प करेल याची खात्री वाटते.

या पुस्तिकेलाही वाचकांनी भरघोस प्रतिसाद द्यावा. तसेच आपल्या प्रतिक्रिया आणि सूचनाही परिषदेकडे पाठवाव्यात. त्यांचे मराठी विज्ञान परिषद आनंदाने स्वागत करेल.

– संजय मा. क. कार्यवाह,
मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग.

•••

भौगोलिक स्थितीमापन प्रणाली (जी.पी.एस)

आजच्या तरूण पिढीची भौगोलिक स्थितीमापन (जी.पी.एस) प्रणालीशी चांगली ओळख असते. दर्जेदार मोबाईलमध्ये जी.पी.एस. श्रावक बसवलेला असतो. तो मोबाईल धारण करणाऱ्याची स्थिती– अक्षांश, रेखांश व समुद्रसपाटीपासून उंची या तिन्ही परिमाणांमध्ये, सतत आणि अचूक दर्शवित असतो. आजकाल मोटर गाड्या, सागरावरील बोटी आणि नागरी विमाने यामध्ये जी.पी.एस्. श्रावक सर्रास बसवले जातात. सामान्य नागरिकांना त्यांच्या जमीन, पाणी व आकाश अशा तीन्ही माध्यमातील प्रवासासाठी जी.पी.एस्. प्रणाली आज मूल्यवान ठरली असली तरी या प्रणालीचा उगम एक लष्करी गरज म्हणून झालेला आहे. त्याचा थोडासा आढावा घेऊन नंतर या भौगोलिक स्थिती मापन प्रणालीमधील शास्त्र व तंत्रज्ञान समजून घेऊ.

उत्पत्ती

दुसरे जागतिक महायुद्ध सन १९३९ पासून सन १९४५ पर्यंत लढले गेले. शांति स्थापनेनंतर लगेचच युद्धात सहभागी राष्ट्रांनी आपले दोन गट केले व त्यांचे आपापसात शीत युद्ध सुरू झाले. ते पुढे ४५ वर्षे चालले! एक गट होता अमेरिका व पश्चिम युरोपमधील उत्तर अटलांटिक कराराच्या सदस्य राष्ट्रांचा तर दुसरा सोव्हिएट संघ व पूर्व युरोपमधील वॉर्सा कराराच्या सदस्य राष्ट्रांचा. दोन्ही गटांनी नवी शस्त्रास्त्रे निर्माण केली व त्यांचा साठा

वाढविला. यात होता महाविध्वंसक हायड्रोजन बॉंब आणि त्याला शत्रूपर्यंत पोहोचवू शकणारे आंतरखंडीय क्षेपणास्त्र!

युद्ध समाप्तीला कारणीभूत होते अमेरिकेने जपानमधील दोन शहरांवर टाकलेले अणूबॉंब! या हल्ल्यांमध्ये अपरिमित जीवित हानी झाली, ती मुख्यत्वे सामान्य नागरिक, स्त्रिया व मुले यांची! त्यानंतर या अमानुष कृत्याबद्दल जगभर अमेरिकेची भरपूर टीका झाली. या पार्श्वभूमीवर शीत युद्धातील दोन्ही गटांचे धोरण असे होते की, शत्रूच्या लष्करास लक्ष्य करताना, आसपासच्यां नागरी मालमत्ता व जीव यांची समान्तर हानी पूर्णपणे टाळायची! हे धोरण यशस्वीरित्या राबविण्यासाठी स्वयंपूर्ण व अचूक वहन प्रणालीची आवश्यकता होती. यासाठी, अचूक वहन आणि लक्ष्यवेध साधण्यासाठी मानवनिर्मित कृत्रिम उपग्रह अंतराळात पाठविण्यात आले. अमेरिकेने पाठविलेल्या उपग्रह समूहाचे नाव 'जी.पी.एस.' व रशियाने पाठविलेल्या उपग्रह समूहाचे नाव 'ग्लोनास'.

जी.पी.एस. प्रणाली १९९३ साली परिपूर्ण झाली आणि त्या पाठोपाठ ग्लोनास सुद्धा कार्यान्वित झाली. दरम्यान रशियाचे तात्कालिन राष्ट्राध्याक्ष गोर्बाचेव यांनी पारदर्शकता, नवनिर्मिती अशी उदारमतवादी धोरणे राबवून सोव्हियट महासंघाचे सूप वाजविले. अशा रीतीने शंख न फुंकता शीत युद्धाची समाप्ती झाली! या वेळेपर्यंत अमेरिकेने जी.पी.एस्. प्रणालीसाठी अब्जावधी डॉलर्स खर्च केले होते. हा खर्च सार्थक व्हावा म्हणून अमेरिकेने ही प्रणाली सर्व जगासाठी नि:शुल्क खुली केली. जी.पी.एस. श्रावकांमध्ये लागणारी 'ढोबळ परवली' अमेरिकेने जगजाहीर केली. अर्थात लष्करी लक्ष्यवेधामध्ये अचूकता येण्यासाठी लागणारी 'यथार्थ परवली' अजूनही गुप्तच आहे!

विविध प्रणालींचा विकास

दुसरे महायुद्ध संपल्यानंतरच्या तीन दशकांत (१९४५ ते १९७४), प्रगत विज्ञान व तंत्रज्ञान यांच्या सहाय्याने, शीत युद्धातील लष्करी क्षमता

वाढविण्यासाठी विविध प्रणालींचा उगम व विकास झाला. त्याचा आढावा घेणे आवश्यक आहे.

तीन प्रमुख क्षेत्रांमध्ये लष्करी क्षमतेच्या विकासाची जरूरी होती -

१. आंतरखंडीय पल्ल्याची क्षमता असलेला अग्निबाण.

२. अग्निबाणासाठी महासंहारक शिरस्त्र.

३. पूर्वनियोजित प्रवास करून, अचूक लक्ष्यवेध करण्यास पूरक वहन प्रणाली.

जर्मनीच्या व्ही-२ या अग्निबाणाचे तंत्रज्ञान जगाला अवगत झाले होते. त्याचा अधिक विकास करून, पल्ला व वजन वाहून नेण्याची क्षमता वाढवून, आंतरखंडीय क्षेपणास्त्र तयार केले गेले.

अणुविभाजन तंत्रज्ञान दुसऱ्या महायुद्ध काळातच अवगत झाले होते. या नंतर अणुसंयोग तंत्रज्ञानाचा विकास झाला आणि हायड्रोजन अणुसंयोगावर आधारित, महासंहारक शिरस्त्र विकसित झाले.

आव्हान होते ते अचूक वहन प्रणालीचे!

वहन प्रणाली दोन प्रकारच्या असतात :

१. स्थिति संकलन.

२. सतत मापन.

स्थिती संकलन प्रणालीमध्ये प्रक्षेपणास्त्राच्या नियोजित मार्गावर, पृथ्वीतलावर अनेक वहनसहाय्यक प्रणालींचा उपयोग केला जातो. या प्रणालींनी प्रक्षेपित केलेल्या विद्युत चुंबकीय (रेडियो) लहरींचे वेध प्रक्षेपणास्त्रातून घेतले जातात. त्रिकोणमितीच्या सहाय्याने प्रक्षेपणास्त्रातील संगणक आपल्या स्थितीचे अवलोकन करतो. या वहन पद्धतीमध्ये प्रक्षेपणास्त्र व जमिनीवरील वहन साहाय्यक प्रणाली यांमध्ये सहयोग आवश्यक असतो. जोपर्यंत प्रक्षेपणास्त्र मित्र राष्ट्रांच्या क्षेत्रात असते तो पर्यंत अशी स्थितिसंकलन प्रणाली उपयोगी असते. परंतु क्षेपणास्त्र जेव्हा शत्रू नियंत्रित क्षेत्रात जाते तेव्ही ही वहन प्रणाली निरूपयोगी ठरते!

सतत मापन प्रणालीमध्ये क्षेपणास्त्रात प्रवेग मापकाचा उपयोग केला जातो. एकमेकांशी काटकोनात असलेले हे तीन मापक सतत प्रवेग दर्शवितात. क्षेपणास्त्रातील संगणक या तिन्ही प्रवेगांचे सतत पूर्णांकन करीत असतो. प्रवेगाचे एकदा पूर्णांकन केल्यावर वेग कळतो व वेगाचे पूर्णांकन केल्यावर क्षेपणास्त्राने पूर्व स्थितीपासून काटलेले अंतर तिन्ही अक्षांवर कळते. अशाप्रकारे बाहेरील कुठल्याही प्रणालींच्या सहाय्याशिवाय वहन शक्य होते. ही वहन प्रणाली स्वयंपूर्ण असते. या मध्ये प्रवेग मापकांऐवजी मुक्त चक्राचा (गायरोस्कोप) उपयोगही केला जातो. प्रवेग मापक व मुक्त चक्रामध्ये यांत्रिक घर्षणामुळे चुका निर्माण होतात, पर्यटन काळ वाढतो तशा त्या वाढत जातात. यामुळे अति दूर पल्ल्याच्या आंतरखंडीय प्रक्षेपणास्त्रासाठी सतत मापनप्रणाली अयोग्य ठरली. पुढे मुद्रिका लेझर मुक्तचक्र विकसित झाले, ज्यामुळे सतत मापन प्रणाली अधिक अचूक झाली. तरी सुद्धा समांतर हानी न होता लक्ष्यवेध घेण्याइतकी तीसुद्धा पुरेशी अचूक नव्हती.

सतत मापन प्रणाली असमर्थ ठरल्यावर दोन्ही पक्षांनी आपली नजर पुन्हा स्थिती संकलन प्रणालीवर वळविली, आणि दोघांचाही निर्णय होत एकच- वहन सहाय्यक म्हणून पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करणाऱ्या उपग्रहांचा समूह निर्माण करायचा! अमेरिकेने जी.पी.एस्. प्रणली तयार करण्याचा निर्णय १९७३ मध्ये घेतला. पहिला उपग्रह १९८९ साली पाठवला व चोवीस उपग्रहांचा समूह १९९४ साली कार्यान्वित झाला. जी.पी.एस्. प्रणालीमध्ये किती उपग्रह असावे व त्यांची कक्षा कशी असावी यावर सखोल अभ्यास केला गेला. या अभ्यासाची वैज्ञानिक पार्श्वभूमी आता जाणून घेऊ.

सतराव्या शतकाच्या सुरुवातीला केप्लर या खगोल शास्त्रज्ञाने सूर्याभोवताली फिरणाऱ्या ग्रहांच्या कक्षेचा आकार, गती व भ्रमणकाळ या संबंधीचे नैसर्गिक आडाखे शोधून काढले. त्यांना केप्लरचे नियम म्हणतात. हे नियम तीन आहेत.

पहिला नियम सांगतो की, सूर्याभोवती **फिरणाऱ्या ग्रहांची** कक्षा लंबवर्तुळाकार असते. लंबवर्तुळाच्या दोन **प्रकेन्द्रांपैकी एका स्थानी** सूर्य असतो. प्रत्येक ग्रह आपापल्या लंबवर्तुळाकार **कक्षेच्या परिघावर** भ्रमण करत असतो.

दुसरा नियम असा की सूर्य व ग्रह यांना जोडणारी **काल्पनिक रेषा** समान कालात समान क्षेत्रफळ काटते. प्रदक्षिणा घालतान **ग्रह जेव्हा** सर्वात दूर असतो तेव्हा त्याचा वेग कमीत कमी असतो. सूर्या जवळ जाताना हा वेग वाढत जातो. जेव्हा ग्रह सूर्याच्या सर्वात जवळ असतो तेव्हा त्याचा वेग अधिकतम असतो.

तिसरा नियम ग्रहाच्या परिभ्रमण कालाविषयी आहे. ग्रहाचे सूर्यापासूनचे सरासरी अंतर (की जे लंबवर्तुळाकार कक्षेच्या मुख्य अक्षाच्या निम्मे असते) आणि परिभ्रमणकाल यातील संबंधाचे प्रमाण हा नियम निश्चित करतो. या नियमाप्रमाणे कोणत्याही दोन ग्रहांच्या परिभ्रमण कालाच्या वर्गाचे प्रमाण, त्यांच्या निम-मुख्य-अक्षांच्या घनाच्या प्रमाणात असते.

केप्लरचे नियम सूर्य आणि त्याचे ग्रह यांच्यासाठी होते. परंतु हेच नियम पृथ्वी आणि तिचे नैसर्गिक (चन्द्र) आणि मानवनिर्मित उपग्रह यांनाही लागू पडतात.

केप्लरचे नियम अनुभवसिद्ध होते. केप्लरनंतर बऱ्याच काळाने न्यूटन या शास्त्रज्ञाने या नियमांमागचे वैज्ञानिक कारण शोधून काढले. ते म्हणजे गुरुत्वाकर्षण! परंतु आज सुद्धा केप्लरचे नियम ग्रह-उपग्रहातले संबंध अचूकतेने अधोरेखित करतात.

जी.पी.एस्. भौगोलिक स्थितीप्रणालीचा साचा तयार करणाऱ्या वैज्ञानिकांसमोर तीन प्रश्न होते -

१) उपग्रहांची पृथ्वीपासून उंची?

२) उपग्रह कक्षांचा विषुवृत्ताशी आंशिक कल?

३) उपग्रहांची संख्या?

उपग्रहांच्या उंचीसाठी तीन पर्याय होते.

१. उंच कक्षा : सुमारे पस्तीस हजार किलोमीटर उंची वरील उपग्रहांचा भ्रमणकाल चोवीस तासांचा असतो. पृथ्वीवरील सर्व स्थानांवरून कमीत कमी चार उपग्रहांच्या संपर्कासाठी वीस ते पंचवीस उपग्रहांची आवश्यकता असते. शिवाय दूर अंतरामुळे उपग्रहाचा संदेश पृथ्वीवर पोहोचेपर्यंत खूप अशक्त असणार आणि छोट्या श्रावकांना टिपणे कठीण होईल.

२. निकट कक्षा : सुमारे पाचशे किलोमीटर उंचीवरील उपग्रहांचा भ्रमणकाळ दीड–दोन तासांचा असतो. कमीत कमी चार उपग्रहांच्या क्षितिजावर दर्शनासाठी शंभरापेक्षा अधिक उपग्रहांची जरूरी असते. म्हणूनच निकट कक्षा अमान्य झाली.

३. मध्यम कक्षा : सुमारे वीस हजार किलोमीटर उंची वरील उपग्रहांचा परिभ्रमणकाळ बारा तासांचा असतो. किमान चार उपग्रहांच्या आवश्यकतेनुसार चोवीस उपग्रह पुरे होतात. या उंचीवरून संदेशांची ऊर्जा श्रावकांना पुरेशी अशी असते. अशा तऱ्हेने जी.पी.एस्. प्रणालीसाठी मध्यम कक्षा स्वीकारली गेली. उपग्रहांच्या कक्षांचा विषुववृत्ताशी कल पंचावन्न अंश ठरला.

आता आपण जी.पी.एस्. या भौगोलिक स्थितिमापन प्रणालीविषयी सविस्तर परामर्ष घेऊ.

उपग्रह समूह

जी.पी.एस्. समूहामध्ये चोवीस उपग्रह आहेत. हे पृथ्वीपासून २०,२०० कि.मी. उंचीवर फिरतात व त्यांचा परिभ्रमणाचा कालावधी बारा तासांचा असतो. विषुवृत्ताशी ५५ अंशाचा कल असलेल्या सहा कक्षा आहेत आणि प्रत्येक कक्षेत चार उपग्रह आहेत. या सर्व उपग्रहांच्या भ्रमणाचे पंचांग जगजाहीर आहे आणि प्रत्येक श्रावकातील स्मृतीमध्ये हे रेखित असते. सौर चुम्बकीय वादळे आणि अवकाशातील अनेक घटना यामुळे हे उपग्रह पूर्व नियोजित कक्षेपासून थोडेसे विचलित होऊ शकतात. म्हणून भूतलावरील

पाच स्थानांवरून या चोवीस उपग्रहांचे अविरत वेध घेतले जातात आणि सर्व उपग्रहांच्या सद्यस्थितीची जंत्री सर्व श्रावकांना सतत **कळविली** जाते.

जीपीएस् उपग्रह समूह

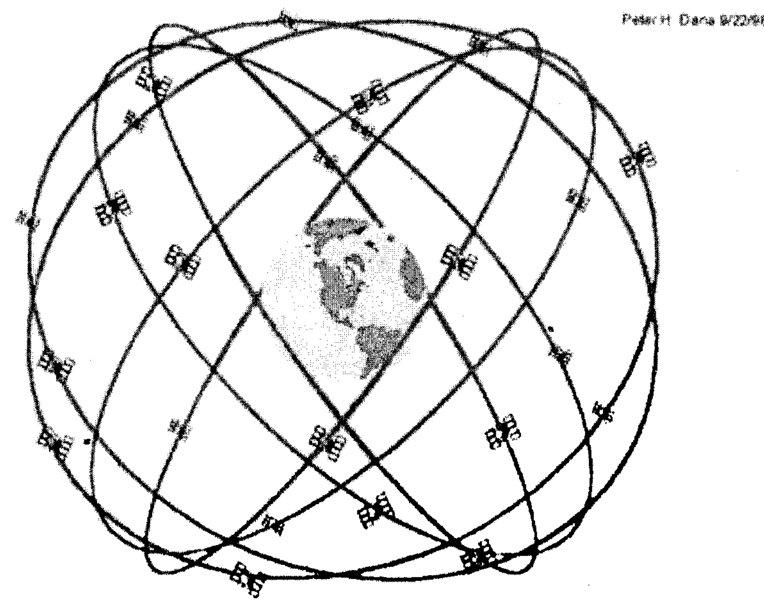
उपग्रह : २४

कक्षा समतल : ६

प्रत्येक समतलांत ४ उपग्रह

उंची २०,२०० किमी

कल ५५ अंश



GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

अंतर मापन

प्रत्येक उपग्रहावर अण्विक कालिका (घड्याळ) असते. सर्व उपग्रहावरील कालिका एकमेकींशी काळ मिळवणी केलेल्या असतात. प्रत्येक श्रावकामध्ये क्वार्ट्झ कालिका असते. सर्व श्रावकातील घड्याळांची वेळ उपग्रहांतील कालिकांच्या वेळेशी मिळवलेली असते. एक परवली मालिका सर्व उपग्रहांवरून एकाच वेळी प्रक्षेपित केली जाते. सर्व श्रावकांमध्ये अंतर्गत रीतीने हीच वेळ जुळवलेली परवली मालिका निर्मित केलेली असते व ती निरंतर चालू असते. उपग्रह व श्रावक यातील परवली मालिका जरी एकाच वेळी सुरू केलेली असली तरी उपग्रहातून प्रक्षेपित केलेली मालिका श्रावकापर्यंत पोहोचेपर्यंत श्रावकातील मालिका पुढे गेलेली असते. हा विलंब (कलाभेद) श्रावकामध्ये अचूकपणे मोजला जातो. उपग्रह क्षेपित लहरी प्रकाशाच्या वेगाने प्रवास करतात. वेग व अवधी माहीत झाल्यामुळे, उपग्रहापासून श्रावकापर्यंतचे अंतर मोजले जाते. अशातऱ्हेने श्रावक त्याच्या क्षितिजावर असलेल्या सर्व उपग्रहांची अंतरे सतत मोजत असतो.

स्थिति मापन

एका उपग्रहापासूनचे अंतर मोजले म्हणजे श्रावकाची स्थिती एका पोकळ गोलाच्या पृष्ठभागावर निर्धारित होते. या गोलाचा केंद्रबिंदू तो उपग्रह असतो आणि त्रिज्या मोजलेल्या अंतरा एवढी असते. दुसऱ्या उपग्रहाचे अंतर मोजल्यावर दुसरा पोकळ गोल मिळतो आणि श्रावकाची स्थिती एकमेकांना छेदणाऱ्या दोन पोकळ गोलांना सामाईक वर्तुळाकार निर्धारित होते. तिसऱ्या उपग्रहाचे अंतर मोजल्यावर तिसरा पोकळ गोल मिळतो. हा गोल वर्तुळाला छेदतो तेव्हा दोन बिंदू मिळतात. त्यातील एक पृथ्वीपासून हजारो कि.मी. दूर असतो. या निरर्थक स्थानाला दुर्लक्षित केले की, श्रावकाची स्थिती एका बिंदूत निश्चित होते. अशातऱ्हेने तीन उपग्रहांचे अंतरमापन श्रावकाची भौगोलिक स्थिती निश्चित करण्यास पुरेसे असते. भारतातील कोणत्याही ठिकाणी पाच ते सहा उपग्रह क्षितिजावर असतात.

(म्हणजे अठरा ते एकोणीस क्षितिजाखाली असतात).

समय क्षती

उपग्रहातील अण्विक घडाळ्यांची अचूकता नॅनोसेकंदात असते (नॅनोसेकंद हा सेकंदाचा अब्जावा भाग), तर श्रावकातल्या क्वार्ट्झ घडाळ्यांची अचूकता मायक्रोसेकंदात असते (मायक्रोसेकंद हा सेकंदाचा दहा लाखावा भाग). श्रावकांतल्या घडाळ्याच्या समय क्षतीमुळे स्थितिमापनांत अस्वीकार्य चूक येऊ शकते. ही चूक काढण्यासाठी आणखी एका, म्हणजे चौथ्या उपग्रहाचे अंतर मोजणे आवश्यक असते. या चौथ्या, अतिरिक्त अवलोकनामुळे, श्रावकातला संगणक चार समकालिक समीकरणे सोडवू शकतो व चार राशी शोधून काढतो; त्या म्हणजे अक्षांश, रेखांश, समुद्रसपाटीपासून उंची आणि समय क्षती! अशारीतीने चार उपग्रहांच्या अवलोकनांमुळे श्रावकाचे अचूक भौगोलिक स्थितिमापन होते.

स्थिती मापनातील आणखी काही चूका व त्यांचे निर्मूलन

उपग्रहातून क्षेपित संदेशांच्या पृथ्वीकडील प्रवासामध्ये त्यांना वातावरणाच्या पेक्षा उंच विद्युतभारित स्तरांतून जावे लागते. असे करताना संदेश लहरी मंदावतात, ज्यामुळे श्रावकामध्ये अंतर मोजणीत चूक होते. दोन अलग कंपनांवर संदेश पाठवून ही चूक सुधारली जाते.

उपग्रहाकडून थेट येणारा संदेश व डोंगर, इमारती वगैरे वरून परावर्तित झालेला संदेश हे श्रावकात संदेह निर्माण करतात. प्रगत द्विगुणी संदेश प्रक्रिया वापरून या चुकीचे निराकारण केले जाते.

अचूकता वृद्धी

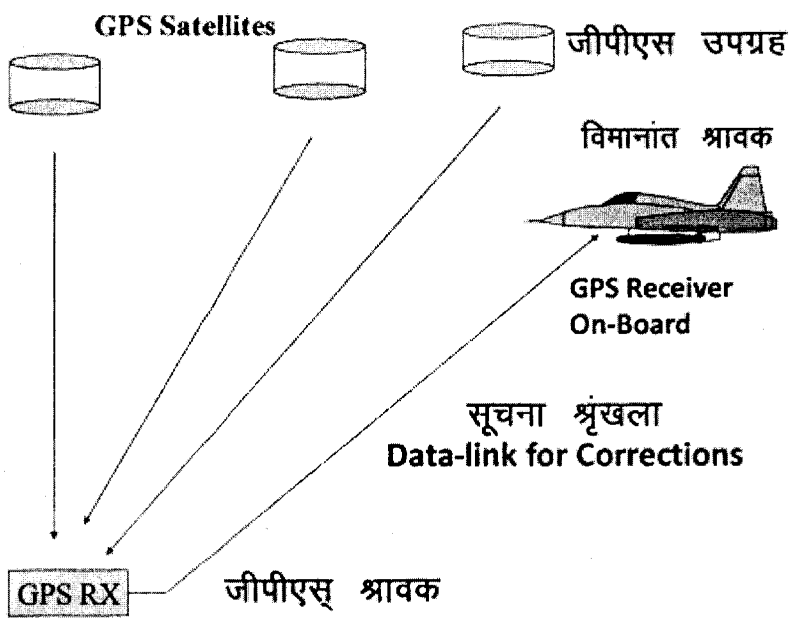
चुकांच्या निर्मूलनांसाठी असे सर्व उपाय केल्यावरही काही अज्ञात कारणाने भौगोलिक स्थितिमापनात चुका राहू शकतात. अशा शेष चुकांचे निर्मूलन करण्यासाठी अचूकता वृद्धी प्रणालींचा उपयोग करतात. या प्रणालींमध्ये अशा स्थानांचा उपयोग केला जातो की, जी पूर्व सर्वेक्षित

आहेत आणि त्यांची स्थिती (अक्षांश, रेखांश व उंची) निश्चितपणे ज्ञात आहे. अचूकता वृद्धी प्रणालींचे दोन प्रकार आहेत –

१) भूतलीय वृद्धी.

२) अवकाशीय वृद्धी.

भूतलीय वृद्धी : प्रत्येक विमानतळावर एक 'विमान पत्तन संदर्भ बिंदू' असतो ज्याची स्थिती पूर्व सर्वेक्षित असते. या बिंदूवर एक जी.पी.एस्. श्रावक ठेवतात की जो सतत आपली स्थिती मोजत असतो. या श्रावकाशी संलग्न असलेला संगणक श्रावकाने दिलेली स्थिती आणि पूर्व सर्वेक्षित स्थिती यामधला फरक मोजतो. संगणक दुरूस्ती संदेश निर्माण करतो जो संपर्क श्रृंखले मार्फत विमानातील श्रावकापर्यंत पोहचोवतो. विमानातला श्रावक स्थिति मधील दुरूस्ती करून अति अचूकतेने स्थिती विमान चालकास दशवितो!



GROUND-BASED AUGMENTATION SYSTEM

अवकाशीय वृद्धी : अवकाशीय वृद्धी प्रणालीत देशात पूर्व सर्वेक्षित स्थानांवर जी.पी.एस्. श्रावक ठेवले जातात. प्रत्येक स्थानाच्या स्थितीतली चूक सतत जाल नियंत्रण केंद्राला संचार माध्यमांतून कळवली जाते. अर्ध गोलाकृती आकाशाचे शंकूसारखे विभाग कल्पिले जातात. जाल नियंत्रण केंद्रातील संगणक या प्रत्येक शंकूसाठी दुरूस्ती तयार करतो. या दुरूस्तींचा संदेश एका भूप्रस्थिर उपग्रहास पुरवतो. हा उपग्रह आपल्या पदछायेतील सर्व श्रावकांना कळवितो. हे श्रावक, ज्या शंकूमधून जी.पी.एस्. उपग्रह संदेश मिळतो त्याला उचित दुरूस्ती वापरून श्रेष्ठ अचूकतेची भौगोलिक स्थिती उपभोक्त्यास दर्शवितो.

भारतातील कार्य

भारतातील अनुसंधान संस्था आणि विद्यापीठ यामधून भौगोलिक स्थितीमापन प्रणालीसंबंधी भरपूर अभ्यास होत आहे. या बाबतीत उल्लेखनीय कामगिरी केली आहे ती भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संघटन (ISRO) या संस्थेने. इस्त्रोचे या संबंधी दोन महत्त्वाचे प्रकल्प आहेत –

१) गगन क्षेत्रीय.

२) भारतीय वहन उपग्रह प्रणाली.

गगन

गगन हा जी.पी.एस्.च्या अवकाशीय वृद्धीचा प्रकल्प आहे. भारतातील आठ विमानतळावर जी.पी.एस्. श्रावक ठेवले आहेत. जाल नियंत्रण केंद्र बंग्लोर येथे आहे. इस्त्रोचे भूप्रस्थिर उपग्रहामार्फत दुरूस्तीचा संदेश विमानातील श्रावकांपर्यंत पोहोचविला जातो. याच्या उपयोगामुळे विमानांना तिन्ही परिमाणांमध्ये तीन मीटर इतकी अचूकता मिळण्याची शक्यता आहे. आतापर्यंत चाचण्या यशस्वी झाल्या आहेत. सन २०१४ मध्ये ही प्रणाली कार्यान्वित झाल्याची घोषणा अपेक्षित आहे.

भारतीय क्षेत्रिय वहन उपग्रह प्रणाली

ही प्रणाली (आय.आर्.एन.एस्.एस्.) ही स्वयंपूर्ण भौगोलिक स्थिती मापन प्रणाली आहे. यामध्ये तीन भूप्रस्थिर आणि चार भूसमकालिक उपग्रह असतील. त्यांच्या पदछायेमध्ये भारताव्यतिरिक्त पाकिस्तान, चीन, बराचसा रशिया, श्रीलंका, बांगलादेश, मध्यपूर्वेतील देश इत्यादींचा समावेश असेल. पदछायेतील सर्व श्रावकांना ही स्थितिमापन सेवा उपलब्ध असेल. यातील पहिला उपग्रह २ जुले २०1३ रोजी अंतरिक्षात विराजमान झाला. सन २०१५-१६ पर्यंत सर्व उपग्रह पाठविण्यात येऊन ही प्रणाली कार्यान्वित होईल असा अंदाज आहे.

इतर जागतिक प्रयास

भौगोलिक स्थितिमापन प्रणालींमध्ये आपण अमेरिकेची जी.पी.एस्. प्रणाली विस्ताराने पाहिली व भारताने या विषयावर केलेल्या कार्याचा थोडक्यात आढावा घेतला. जगातील इतर देशांनी याबाबतीत काय केले त्याचा उल्लेख आता करणे आवश्यक आहे.

रशियाच्या 'ग्लोनास' प्रणालीचा उल्लेख सुरुवातीला आलाच आहे. शीत युद्ध संपल्यावर अमेरिकेप्रमाणेच रशियाने आपली प्रणाली नागरी उपयोगासाठी खुली केली. 'ईसा' या युरोपीय अंतराळ संघटनेने १९९० च्या दशका अखेरी 'एग्नॉस' नावाची जी.पी.एस्. ची अवकाशीय वृद्धी प्रणाली कार्यान्वित केली. त्यानंतर 'ईसा'ने 'गॅलीलीओ' नावाची स्वयंपूर्ण भौगोलिक स्थिती मापन प्रणाली आखली आणि ती आता कार्यान्वित होण्याच्या मार्गावर आहे. आणखी दोन स्वयंपूर्ण प्रणाली प्रगतीपथावर आहेत, त्या म्हणजे चीनची 'कंपास' प्रणाली व जपानची 'एम्टीसॅट' प्रणाली.

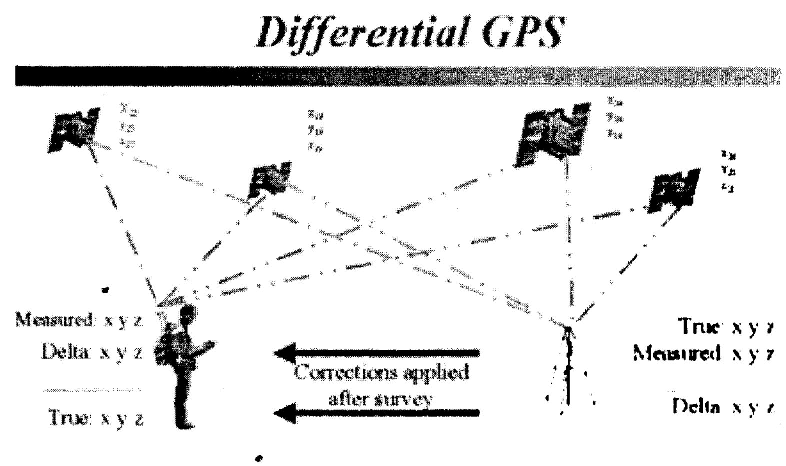
समारोप

आज भौगोलिक स्थितिमापन प्रणाली मोटार चालकांना वाट दाखविते, महामार्गावरील मालवाहू वाहनांचा मागोवा घेते, गलबतांना बंदरात येण्यास मार्गदर्शन करते, विमान वाहतूक सुरक्षित व अधिक कार्यक्षम करते, नैसर्गिक आणि मावननिर्मित आपत्तींमध्ये प्रबंधन सुकर करते.

या सर्वाचे श्रेय खगोलशास्त्र, संगणकविज्ञान, माहिती तंत्रज्ञान आणि इतर अनेक क्षेत्रातल्या मानवी प्रगतीला आहे.

अनिच्छेने का होईना, पण याचे श्रेय दुसऱ्या महायुद्धाला व त्यानंतरच्या शीत युद्धालाही देणे प्राप्त आहे!

●●●



पारिभाषिक संज्ञावली

अण्विक कालिका, अण्विक घड्याळ	Atomic Clock
अणुविभाजन	Nuclear Fission
अणुसंयोग	Nuclear Fusion
अधर श्रृंखला	Down Link
अनुपाती असणे	Proportional to
अवकाशीय वृद्धी	Space Based Augmentation
आन्तरखंडीय प्रक्षेपणास्त्र	Intercontinental Ballistic Missile
ऊर्ध्व श्रृंखला	Up Link
अंतर	Range
काटकोनाकार	Orthogonal
काटकोनाकार अक्षपद्धति	Cartesian Coordinates
उपग्रह समूह	Constellation
चेतक	Sensor
जाल नियंत्रण केंद्र	Network Control Centre
जंत्री, उपग्रहांची अचूक स्थिती	Ephemeris
ढोबळ परवली	Coarse Acquisition Code
त्याग करणे	To Discard
दुर्लक्ष करणे	Discard
द्विगुणी	Binary, Digital
नूतनीकरण	Update
पद छाया	Footprint (of a satellite)
पंचांग, उपग्रहांची ढोबळ स्थिती	Almanac

परिभ्रमणकाल	Period of Orbit
पूर्णांकन	Integration
पूर्व सर्वेक्षित	Pre Surveyed
प्रगत संदेश प्रक्रिया	Advance Signal Processing
पर्यवेक्षण करणे	To Monitor
प्रकेंद्र	Focus (Of an Ellipse)
बहुपथचलन	Multipath Propagation
भूप्रस्थिर	Geostationary
भूसमकालिक	Geosynchronous
भूसमकालिक कक्षा	Geosynchronous Orbit
भूस्तरीय वृद्धी	Ground Based Augmentation (G-BAS)
भेदन	To Differentiate
महा नियंत्रण केंद्र	Master Control Centre
मुद्रिका लेझर मुक्तचक्र	Ring Laser Gyro
निममुख्यअक्ष	Semi-Major-Axis (of an Ellipse)
यथार्थ परवली	Precision Code
लंबवर्तूळ	Ellipse
वहन	Navigation
वहन सहाय्यक प्रणाली	Navigational Aid
विद्युतभारित स्तर	Ionosphere
विमानपत्तन संदर्भ बिंदू	Aerodrome Reference Point (ARP)
हवाई वहन	Air Navigation
वृत्त श्रृंखला	Data Link
वेध	Track
शिरस्त्र	Warhead
श्रावक	Receiver

श्रेष्ठ अचुकता	Precision
संकेत	Code (In the context of Security)
संकेत	Code (In the Context of Software)
सतत मापन	Dead Reckoning
समकालीय समीकरण	Simultaneous Equations
समकोणाकार	Orthogonal
समय क्षती	Time Offset
समान्तर हानी	Collateral Damage
स्थिती निश्चिती	Position Fixing
स्मृती	Memory (of Computer)
स्वयंपूर्ण वहन प्रणाली	Autonomous Navigation System
संपर्क श्रृंखला	Communication Link
संकेतनिहाय बहुप्रवेश	Code Division Multiple Access
संदिग्ध अंतर	Pseudo Range
संदिग्धता	Ambiguity
संयुक्त दुरुस्ती संदेश	Composite Correction Signal
संहिता	Code (Software)
क्षेत्रिय वहन प्रणाली	Regional Navigation System

•••

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग

टिळक स्मारक मंदिर, टिळक रस्ता, पुणे ४११०३०.
ई-मेल : mavipa.pune@gmail.com

मराठीतून आधुनिक विज्ञानाचा प्रसार करणे या हेतूने १९६७ साली मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग ह्या संस्थेची स्थापना झाली. विज्ञानामुळे आणि तंत्रज्ञानामुळे आपल्या रोजच्या जगण्यात सातत्याने बदल घडून येत आहेत. सुखाची, उपभोगाची साधने वाढली, आजही वाढत आहेत. त्या साधनांचा केवळ उपभोग न घेता त्यांच्या कार्यामागची रचना आणि तत्त्व समजून घेणे महत्त्वाचे आहे. त्याबद्दल कुतूहल वाटायला लावणे आणि जिज्ञासा जागी करणे हे काम परिषद करीत आहे.

ज्या सृष्टीच्या आधाराने आपण जगतो तिची माहिती घेणे, त्यातील सजीव आणि निर्जीव घटकांमधील संबंध शोधणे, नियमितता शोधणे, त्यांचे विशेष ज्ञान करून घेणे म्हणजे विज्ञान.

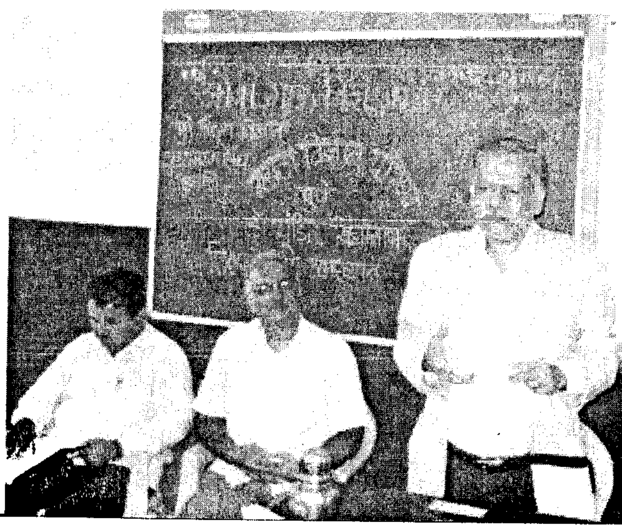
ज्ञान होण्यासाठी आणि झालेल्या ज्ञानाची एकमेकांत देवाणघेवाण करण्यासाठी भाषेची आवश्यकता असते. आपल्या परिसरात असणाऱ्या भाषेचा वापर करून परिसराचे ज्ञान होणे सोपे जाते. त्या पलीकडच्या परिसरात झालेले ज्ञान समजून येण्यासाठी आपण आपली भाषा नवनवीन शब्दांनी आणि कल्पनांनी समृद्ध करणेही तेवढेच महत्त्वाचे आहे. मराठी भाषा समृद्ध करणे हेही परिषदेचे उद्दिष्ट आहे.

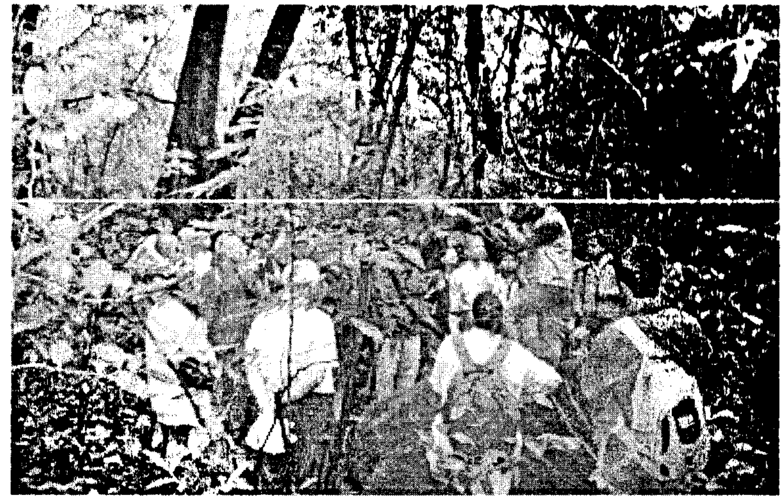
आपल्याला ज्ञान कसे मिळते? पाहून, ऐकून, वाचून, संभाषण करून आणि सर्वांत महत्त्वाचे म्हणजे प्रत्यक्ष अनुभवातून. आपण मिळालेल्या माहितीचे रूपांतर आपल्या बुद्धीने ज्ञानात करतो. तसे करण्याची संधी मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाच्या कार्यातून आणि कार्यक्रमांमधून समाजातील विविध घटकांना देण्याचा परिषद प्रयत्न करते.

मराठी विज्ञान परिषदेचे कार्यक्रम

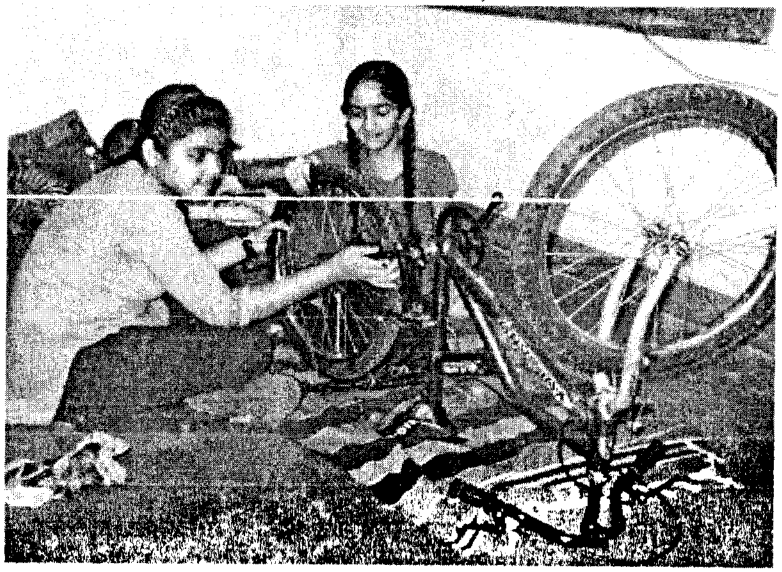
सर्व नागरिकांसाठीचे उपक्रम :

१) व्याख्याने : विज्ञानाच्या विविध शाखा, विषयांमधील तज्ज्ञ व्यक्ती तसेच संशोधक, अभ्यासक आपण घेतलेल्या शोधांचा आढावा व्याख्यानांमधून करून देतात. दैनंदिन जगण्याशी संबंधित – विज्ञानावर आधारित अनेक विषय असतात. विज्ञानक्षेत्रात कामगिरी केलेल्या डॉ. गो. रा. परांजपे, डॉ. वसंत खानोलकर, प्रा. सखाराम विनायक, डॉ. मल्हार विनायक तसेच प्रा. गजानन विनायक या आपटे बंधूंच्या तसेच अ. शं. जोशी यांच्या स्मृतिदिनानिमित्त विशिष्ट विषयांवर–म्हणजे प्रयोगशीलता, विज्ञान, आरोग्य, कर्करोग, नवे संशोधन यांवर व्याख्याने होतात.





२) वर्षासहल, वैज्ञानिक सहल, स्थळ भेटी – पावसाळ्यात डोंगर–दऱ्यांमध्ये बहुविध प्रकारची सजीवसृष्टी डोलत–बागडत असते. ती जागेवर जाऊन पाहणे आणि तिची माहिती करून घेणे, तसेच स्थानिक लोकांनी परंपरेने राखलेल्या देवराया पाहण्याचा आनंददायी अनुभव वर्षासहलीतून मिळतो. नैसर्गिक चमत्कार असणारी ठिकाणे जसे– लोणार सरोवर,



निघोजचे रांजणखळगे इ. तसेच मानवाने आपल्या कर्तृत्वाने निर्माण केलेली बांधकामे, यंत्रशाळा, कारखाने, उत्पादन केंद्रे, संशोधन केंद्रे अशा ठिकाणांना भेटींच्या सहली आयोजित केल्या जातात.

३) पारंपरिक विज्ञान संकलन – विविधतेने नटलेल्या या देशात नैसर्गिक साधनसंपत्ती विपुल आहे, तिचा वापर करून जीवन सुखी अन् समृद्ध, ते निसर्गस्नेही पद्धतीने जगण्याची अनेक तंत्रे आणि शास्त्रे परंपरेने विकसित झाली आहेत. या परंपरांचा शोध घेण्याचा तसेच त्यांचे रीतसर संकलन करण्याचा प्रयत्न मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग करतो.

४) पुस्तक प्रकाशन : नवीन संशोधन करणाऱ्यांची व्याख्याने आयोजित करणे, तसेच संशोधनपर आधारित पुस्तके प्रकाशित करण्याचे काम परिषद करते. माध्यमिक शालेय शिक्षणापर्यंत पोचलेल्या व्यक्तींनाही समजेल अशा सोप्य भाषेत आणि अल्प किंमतीत उपलब्ध होणारी पुस्तके प्रकाशित करण्याचे कामही संस्था करते. संस्थेने आयोजित केलेल्या कार्यक्रमांमधून ही पुस्तके विक्रीला ठेवण्यात येतात.

५) विज्ञान रंजन स्पर्धा – आपल्या सभोवार सगळीकडे विज्ञान पसरलेले आहे. त्याकडे डोळे उघडे ठेवून बघितले की त्याची जाण पाहणाऱ्याला येते. अशी दृष्टी लाभावी म्हणून विज्ञान रंजन स्पर्धेचे आयोजन करण्यात येते. त्यासाठी वयाची, शिक्षणाची अट नाही. स्पर्धेची प्रश्नपत्रिका दरवर्षी जानेवारीच्या शेवटच्या आठवड्यात प्रकाशित होते. उत्तरे शोधून, मिळवून, कोणाला विचारून, स्वत: प्रयोग करून तीन आठवड्यांच्या मुदतीत लिहून पाठवायची असतात. २८ फेब्रुवारी या राष्ट्रीय विज्ञानदिनाला विजेत्यांची नावे घोषित होतात.

६) मराठी विज्ञान अधिवेशन – परिषदेतर्फे विभागीय तसेच अ.भा.मराठी विज्ञान अधिवेशने भरवली जातात. या अधिवेशनांतून विज्ञानविषयक नवी माहिती मिळते. मान्यवर वैज्ञानिकांचे विचार समजून घेता येतात. मराठी भाषिकांमध्ये विज्ञान प्रसाराचे काम करणाऱ्या समविचारी मंडळींशी वैचारिक आदान–प्रदान होते. बौद्धिक, मानसिक, सामूहिक उभारी येते.

शालेय विद्यार्थ्यांसाठी उपक्रम : वरील सर्व उपक्रम शालेय विद्यार्थ्यांना खुले असतात. त्या खेरीज पुढील उपक्रम घेतले जातात–

१) माझ्या शहरातील विज्ञान – हे एक आठ–दहा दिवसांचे फिरते शिबिरच असते. रोज साधारणपणे तीन संस्थांना भेटी दिल्या जातात. त्यामध्ये विज्ञानाच्या, तंत्रज्ञानाच्या संस्था तसेच संग्रहालये बघितली जातात. त्या त्या ठिकाणी प्रत्यक्षपणे चाललेल्या कार्याची पाहणी केली जाते. ते कार्य करणाऱ्या तंत्रज्ञ, संशोधक, वैज्ञानिक, संचालक यांची थेट भेट घेतली जाते. या प्रकल्पातून विद्यार्थ्यांना संशोधनाबद्दल आपुलकी निर्माण होते.

२) अ. मा. लेले विज्ञान शिबिर – पुणे शहराबाहेर निसर्गसमुद्ध अशा ठिकाणी राहून परिसर पाहणी, लोकसंवाद, प्रश्नमंजुषा, पक्षीनिरीक्षण, निसर्गनिरीक्षण, आकाशनिरीक्षण असे अनेक उपक्रम या शिबिरात केले जातात.

३) प्रयोग कृतिसत्रे – घरात सहज उपलब्ध असणाऱ्या वस्तू, साधनसामग्री यांचा वापर करून वैज्ञानिक खेळणी, विज्ञानाचे प्रयोग कसे करता येतील, याचा अनुभव या प्रयोग – कृतिसत्रातून दिला जातो.

४) शालेय / महाविद्यालयीन विज्ञान मंडळे – अनेक शिक्षणसंस्थांना विज्ञान मंडळाचे उपक्रम चालविण्यासाठी मार्गदर्शन, व्याख्याते, विषय, माहिती, प्रयोग–प्रकल्प, पूरक उपक्रम करण्यात मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग सहकार्य द्यायला सतत हात पुढे करून असतो.

५) पोस्टर प्रदर्शन स्पर्धा – लोकजागृती करण्याचे पोस्टर प्रदर्शन हे एक चांगले माध्यम आहे. ध्वनिप्रदूषण, पर्यावरण, पचनसंस्थेतील मित्र जीवाणू इ. विषयांवर आंतरशालेय पोस्टर प्रदर्शन स्पर्धा घेण्यात येतात. सामाजिक जीवनाशी निगडीत असणारे विषय यात घेतले जातात. सर्व स्पर्धकांसाठी एक कार्यशाळा घेऊन विषयाची व्याप्ती, पोस्टर बनविण्याचे तंत्र, प्रदर्शनाचे व्यवस्थापन आणि अहवाल लेखन याबाबत माहिती दिली जाते. प्रत्येक स्पर्धक किमान पाच ठिकाणी हे प्रदर्शन लावून लोकांपर्यंत

तो विषय पोचविण्याचे काम करतो. अशाप्रकारे **ज्ञानाची** गंगा **शाळेकडून** समाजाकडे वाहते.

शिक्षकांसाठी उपक्रम :

१) प्रकल्प प्रकटन शिबिर – विद्यार्थीसंख्या भरपूर, त्या मानाने शिक्षकसंख्या कमी अशी स्थिती आहे. अनेक विद्यार्थ्यांना विज्ञान विषयात तसेच अन्य भाषा, समाजविज्ञान विषयातही प्रकल्क करायचे असतात. विविध प्रदर्शनांत, स्पर्धांत भाग घ्यायचा असतो. त्यासाठी नवीन अनोखे प्रकल्प उपक्रम कसे शोधावेत यासाठी शिक्षकांची शिबिरे आयोजित केली जातात.

२) वैज्ञानिक उपक्रमांना मार्गदर्शन – शालेय शिक्षकांनी उत्स्फूर्तपणे चालविलेल्या विज्ञान मंडळ, विज्ञान गंमत जत्रा, विज्ञान प्रदर्शने, विज्ञान संशोधन, वैज्ञानिक सहली इ. उपक्रमांसाठी आवश्यक तेव्हा सहकार्य, मार्गदर्शन आणि सहभागासाठी परिषद तत्पर असते.

याखेरीज **मुलाखती, परिसंवाद, चित्रपट प्रदर्शने,** ग्रामीण पातळीवरील तसेच विभागीय **संमेलने** आयोजित करणे असेही उपक्रम परिषदेच्या वतीने होतात. वृत्तपत्रे, आकाशवाणी, इंटरनेट या माध्यमांमधून तत्कालीन महत्त्वाच्या विषयांवर **लेख, भाषणे, चित्रे,** छायाचित्रे प्रकाशित केली जातात. आज मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाचे आजीव सभासदांची संख्या पाचशेच्या घरात आहे. शालेय तसेच महाविद्यालयीन विद्यार्थीही वार्षिक सभासद होऊ शकतात. सभासदांना भावी कार्यक्रमांची माहिती आणि मागील कार्यक्रमांचा **अहवाल देणारे मुखपत्र** दरमहा घरपोच पाठविले जाते.

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग

सोसायटी रजिस्ट्रेशन क्र. : MAH (691-PN-30-4-1971)
पब्लिक ट्रस्ट ॲक्ट : F/494 पुणे दि. ९-७-१९७१
शासकीय मान्यता क्र. : RIC-1179/12458/IV/A
शिक्षण संचालनालय

कार्यवाह : **संजय भामरे** (९५५२५२६९०९)
कार्याध्यक्ष : **विनय र. र.** (९४२२०४८९६७)
अध्यक्ष : **प्रा. हणमंत भोसले** (९४२२०१५१०३
कोषाध्यक्ष : **भालचंद्र अत्रे** (९८५०८३९९२३)

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाचे सभासद व्हा.

सभासद वर्गणी (रु)	**व्यक्ती**	**संस्था**
साधारण सभासद (वार्षिक)	१००/-	२००/-
हितचिंतक	१०००/-	२०००/-
आश्रयदाते	५०००/-	१०,०००/-
उपकर्ते	१०,०००/-	२०,०००/-
विद्यार्थी सभासद (वार्षिक)	५०/-	

हितचिंतक, आश्रयदाते, उपकर्ते यांना आजीव सभासदत्व देण्यात येते.

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाप्रमाणे मराठी विज्ञान परिषदेचे महाराष्ट्रात तसेच महाराष्ट्राबाहेर बहात्तर विभाग आहेत.

www.mavipamumbai.org या संकेतस्थळावर अधिक माहिती उपलब्ध आहे. पुणे विभागाशी संपर्क **mavipa.pune@gmail.com** या ई-मेलने करता येईल.

*** विज्ञान प्रसाराच्या कार्याला आपला हातभार लावा.**

*** सढळ हस्ते निधी द्या. धनादेश -**
'मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभाग' या नावे काढावा.

संस्थेची प्रकाशने

आपटे बंधू स्मृति व्याख्यानमाला

१. पुष्प पहिले : फुलपाखरांच्या जगात –
डॉ. मकरंद दाबक — रु. १०/-

२. पुष्प दुसरे : वनस्पती संकलन (आवृत्ती दुसरी) –
डॉ. वा. द. वर्तक — रु. १०/-

३. पुष्प तिसरे : खडक आणि खनिजे –
प्रा. प्र. वि. सोवनी — रु. १०/-

४. पुष्प चौथे : प्रयोगाद्वारे विज्ञान परिचय –
डॉ. व. त्र्यं. चिपळोणकर — रु. १०/-

५. पुष्प पाचवे : खनिज तेल आणि नैसर्गिक वायू उद्योग –
डॉ. ल. ख. क्षीरसागर — रु. १०/-

६. पुष्प सहावे : वंशवेल
डॉ. दिलीप घैसा — रु. १०/-

७. पुष्प सातवे : नुसत्या डोळ्यांनी आकाशदर्शन –
डॉ. हेमंत वा. मोने — रु. १०/-

८. पुष्प आठवे : रोगनिदानासाठी विकृतिविज्ञान –
डॉ. र. नी. गोडबोले — रु. १०/-

९. पुष्प नववे : पेट्रो रसायने – प्रगती सेतू –
डॉ. सुधीर गाडगीळ — रु. १०/-